

## **FECHAMENTO DE CONCRETO ARMADO E FECHAMENTO DE ALVENARIA CERÂMICA: ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO TÉRMICO PARA O CLIMA DE CUIABÁ**

**Regiane Silvério Bianchi de Araújo(1); Prof. Dr. José Manoel Henriques de Jesus(2);  
Prof. Msc. Luciane Cleonice Durante (3).**

(1) Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Mato Grosso.  
Rua J5, Q.18, C 03, Bairro Parque Cuiabá; CEP:78000-000; Cuiabá-MT.

(2) Prof. Dr. em Engenharia e Tecnologia dos Materiais da Universidade Federal de Mato Grosso. Rua  
Thailândia, 741, Bairro Shangri-La; CEP: 78070-190, Cuiabá-MT

(3) Mestre em Educação e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso.  
Rua Manoel Ferreira de Mendonça, 163, Bairro Bandeirantes; CEP: 78010-160; Cuiabá-MT.

E-mail: (1) [regiane.bianchi@terra.com.br](mailto:regiane.bianchi@terra.com.br); (2) [jmhenriques@zaz.com.br](mailto:jmhenriques@zaz.com.br);

(3) [lucianedurante@uol.com.br](mailto:lucianedurante@uol.com.br)

### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo analisar o desempenho térmico de dois tipos de fechamento para edificações: alvenaria cerâmica de ½ vez e concreto armado, comparando-os entre si para determinar o mais adequado para o clima de Cuiabá / MT, caracterizado por temperaturas elevadas durante a maior parte do ano. Verificou-se, também, a aplicabilidade do método francês C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Batiment) para cálculo do desempenho térmico das edificações dessa região. Constatou-se que, o fechamento de alvenaria cerâmica vez é mais adequado para esse e, também, que o método C.S.T.B. é eficiente para a determinação do desempenho térmico, sendo importante o seu emprego na fase de projeto das edificações para verificar o enquadramento na zona de conforto térmico. Palavras chave: conforto térmico, desempenho térmico, adequação climática.

### **ABSTRACT**

This paper aims at analyzing thermal performance of two kinds of walls used in constructions: ceramic wall (15 cm) and concrete wall, making a comparison in order to determine which one is more adequate to the climatic conditions in Cuiabá-MT that has as main characteristic high temperatures most of the year. This research also investigates the possibility of applying the French method C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Batiment) for calculations of the thermal performance of constructions in this region. This study could show that the ceramic wall (15 cm) is more adequate to the climate in the area of Cuiabá-MT and that the French method C.S.T.B. is efficient enough to determine the thermal performance specially to be used in the project phase of constructions in order to verify if it can fit in the zone of environment comfort. Key-words: thermal comfort, thermal performance, climate adequacy.

## 1. INTRODUÇÃO

Cuiabá apresenta temperatura média considerada elevada ao longo dos anos sendo que, segundo IBGE apud DUARTE (1995), as mais elevadas ocorrem nos meses de setembro e outubro e oscilam entre 30°C e 36°C, o que acaba causando sensações térmicas desagradáveis devido ao calor.

Observando-se as construções da região, nota-se que antigamente as técnicas construtivas, como o *adobe*, em que as paredes possuíam grandes espessuras, contribuíam mais para o conforto térmico das edificações.

Segundo Duarte (1995), para climas como o da região de Cuiabá, são desejáveis superfícies de vedação com grande inércia térmica, associadas à uma ampla ventilação noturna para amenizar as noites quentes.

No início da década de 80, foi construído na cidade de Cuiabá, próximo à Rodovia Palmiro Paes de Barros, à aproximadamente 12km da região central da cidade, o conjunto habitacional Parque Cuiabá. A técnica construtiva empregada na alvenaria de vedação e na laje das edificações foi concreto armado aparente em placas concretadas solidariamente.

O concreto é um material que apresenta elevada transmitância térmica (BAUER, 1985) e sua aplicação como alvenaria de vedação, em regiões como Cuiabá, caracterizada por temperaturas elevadas durante a maior parte do ano, promove um questionamento sobre sua adequabilidade térmica a esse clima. Como tentativa de responder a esse questionamento, escolheu-se como objeto de estudo uma unidade deste conjunto habitacional que apresenta alterações em seu projeto original devido a uma ampliação.

Procura-se através dessa pesquisa avaliar o desempenho térmico dos dois tipos de alvenaria de vedação, compará-los entre si analisando o mais adequado para o clima rigoroso de Cuiabá. Também pretende-se verificar a aplicação prática do método C.S.T.B. (Centre Scientifique et Technique du Batiment, Paris, França) para avaliação do desempenho térmico no ambiente estudado e, posteriormente, sugerir alternativas que melhorem esse desempenho.

Segundo FROTA & SCHIFFER (1995) dos vários métodos de cálculo de previsão do desempenho térmico existentes, considera-se o método do C.S.T.B. o mais aplicável, posto que se baseia em dados climáticos disponíveis e numa abordagem acessível no que tange às características dos materiais.

Esse método baseia-se no regime térmico permanente. No caso de conforto térmico de inverno são consideradas apenas as perdas térmicas já que é desejável que a temperatura interna no edifício seja superior à temperatura do ar exterior, mesmo em termos de temperaturas médias. Ainda segundo FROTA & SCHIFFER (1995) “No caso de conforto térmico de verão, faz-se um balanço térmico sobre hipóteses montadas a cerca do que são ganhos e do que sejam as perdas e são consideradas trocas por diferença de temperatura e ganhos devido à incidência da radiação solar”.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 A edificação estudada

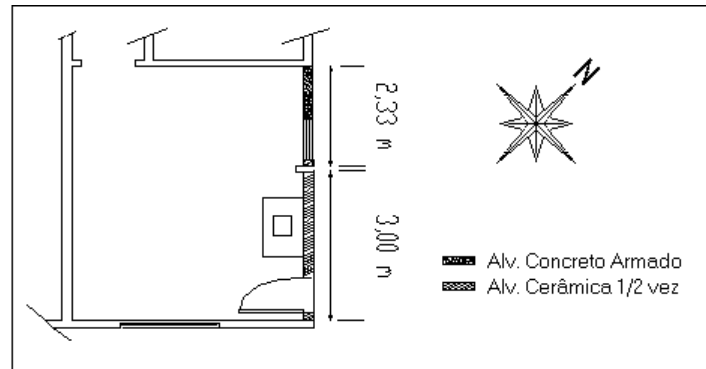
A residência objeto da pesquisa apresenta alterações no projeto original decorrentes de uma ampliação realizada na cozinha. Na ampliação utilizou-se alvenaria cerâmica ½ vez, conforme figura 1.

O fechamento de alvenaria cerâmica de ½ vez e o de concreto armado medem respectivamente 2,33 e 3,00 m. O pé direito comum às duas paredes é de 2,50m.

O fechamento de concreto armado com espessura de 0,11m não apresenta revestimento, tendo recebido na face interna, pintura de tinta látex PVA na cor branca, sobre massa corrida.

O fechamento de alvenaria cerâmica de ½ vez tem espessura de 0,10m, sem revestimento, constituído por tijolos cerâmicos furados de 10x20x20cm. A espessura média das juntas de assentamento da alvenaria cerâmica é de 1,2cm e a da argamassa de revestimento é de 2,00cm. Na face interna, recebe o mesmo acabamento do concreto armado.

A pintura externa para os dois fechamentos é de tinta látex PVA cor amarelo claro.



**Figura 1: Fechamentos de concreto armado e de alvenaria cerâmica ½ vez no ambiente estudado.**

## 2.1 Materiais

As variáveis da pesquisa são: temperatura de bulbo seco (Tbs), temperatura de bulbo úmido (Tbu), temperaturas médias superficiais internas (TMSi) e externas (TMSe) dos fechamentos de alvenaria cerâmica e de concreto, às alturas de 1,50 m do nível do piso (Hm) e de 2,20 m do piso (Ha).

As temperaturas de bulbo seco e úmido foram registradas através de um psicrômetro ventilado e as temperaturas superficiais médias interna e externa foram obtidas através de um radiômetro, marca Raynger II Plus, modelo R2PHRSC.

Para avaliar o desempenho térmico do ambiente estudado foi utilizado o método de cálculo C.S.T.B.

## 2.2 Método

Com o psicrômetro ventilado posicionado no centro do ambiente, sobre um pedestal à 0,95m. do piso, foram medidas na área interna limitada pelas paredes de concreto armado e de alvenaria cerâmica, ambas com orientação nordeste, a temperatura de bulbo seco (TBS) e de bulbo úmido (TBU). Essas medidas foram obtidas nas condições normais de uso do recinto: porta aberta e luz acesa.

Para o cálculo da umidade relativa do ar no interior do ambiente foi utilizado o método proposto por COSTA (1974).

A umidade relativa do ar e a temperatura exterior ao recinto estudado foram obtidas através dos dados da Estação Meteorológica de Cuiabá do I.N.M.E.T. (Instituto Nacional de Meteorologia).

As temperaturas médias superficiais das paredes foram tomadas a duas alturas representadas por  $H_m$  e  $H_a$  sendo  $H_m$  situada à 1,50 m do piso (passando pelas esquadrias fechadas) e  $H_a$  situada à 2,20 m do piso (passando acima das esquadrias). Estas temperaturas foram medidas na parte interior e exterior ao recinto, para fornecer dados que possibilitaram a análise do grau de isolamento térmico proporcionado por cada parede.

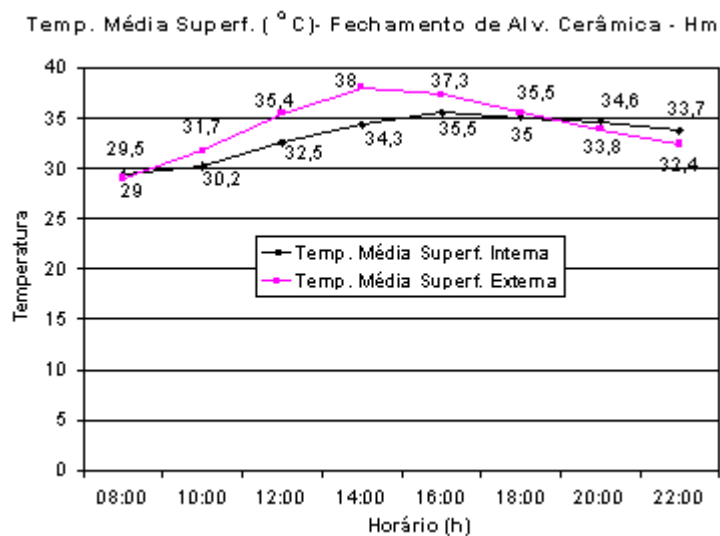
As medições foram feitas durante 03 (três) dias no período de 12 a 14 de outubro de 2000, sob a vigência do horário nacional de verão, por este ser o mês em que se registram as temperaturas mais elevadas. O intervalo de tempo entre as leituras foi de 2:00h, no período compreendido entre 08:00h e 22:00h. A partir destes dados foi possível comparar o desempenho térmico dos fechamentos de concreto armado e de tijolos cerâmicos. Como os valores obtidos através da medição apresentaram pouca variação, para a análise dos resultados, trabalhou-se com os valores médios dos três de medição.

Para verificar a aplicação do método C.S.T.B. (FROTA & SCHIFFER, 1995) considerou-se para as faces nordeste e sudoeste, protegidas da radiação solar direta por varandas, apenas 30,0% da radiação solar total incidente em superfícies com essas orientações.

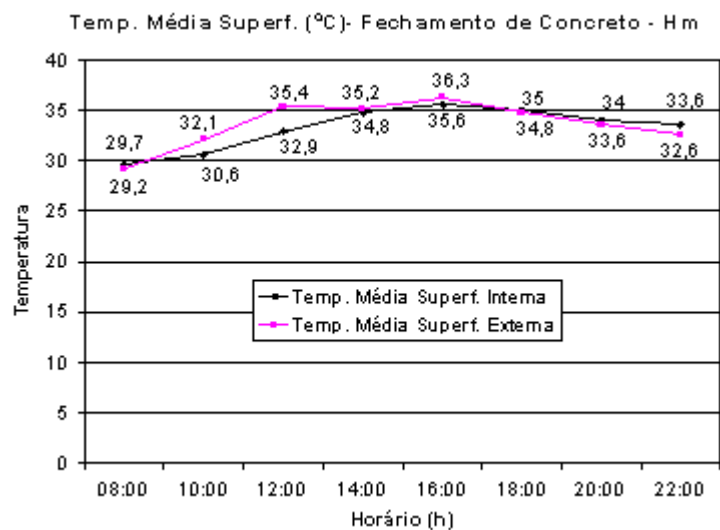
### 3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Analisando as temperaturas médias superficiais do fechamento de alvenaria (figura 2), observou-se que, para as leituras realizadas a 1,50m. do nível do piso (Hm) foi registrado às 16:00h o maior valor de temperatura média superficial interna (TMSi) -35,5°C-, enquanto que o maior valor de temperatura média superficial externa (TMSe) -38,0°C- foi registrado às 14:00h. A maior diferença entre as temperaturas médias superficiais interna e externa foi igual a 3,7°C tendo sido registrada, também, às 14:00h. Nas leituras realizadas às 8:00h e às 20:00h registrou-se temperatura média superficial interna superior à temperatura média superficial externa.

Para o fechamento de concreto armado (figura 3), observou-se que às 16:00h foram registrados os maiores valores de temperaturas médias superficiais, tanto interna quanto externa, iguais a 35,6 e 36,3°C, respectivamente. Às 12:00h foi registrada a maior diferença entre as temperaturas médias superficiais interna e externa - 2,5°C. Nas leituras realizadas às 8:00h e às 18:00h registrou-se também a temperatura média superficial interna superior à temperatura média superficial externa.



**Figura 2: Temperaturas superficiais médias interna e externa da alvenaria à altura Hm.**

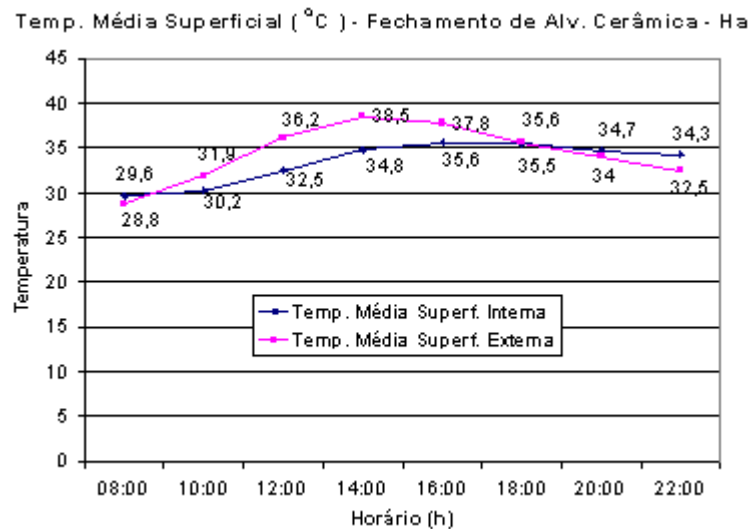


**Figura 3: Temperaturas superficiais médias interna e externa do concreto armado à altura Hm.**

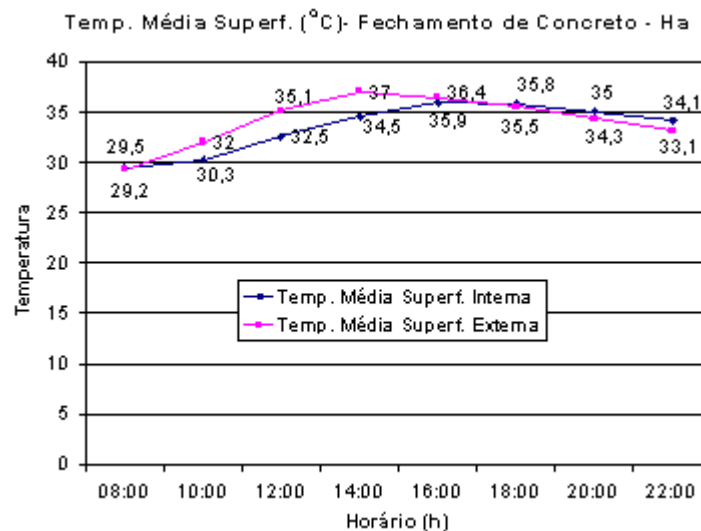
Analisando as temperaturas médias superficiais do fechamento de alvenaria (figura 4), observou-se que, para as leituras realizadas a 2,50m. do nível do piso (Ha) foi registrado às 16:00h o maior valor de temperatura média superficial interna - 35,6°C -, enquanto que às 14:00h foi registrado o maior valor de temperatura média superficial externa - 38,5°C. A maior diferença entre as temperaturas

médias superficiais interna e externa foi igual a  $3,7^{\circ}\text{C}$  tendo sido registrada em dois horários, às 12:00h e às 14:00h. Nas leituras realizadas às 8:00h e às 20:00h registrou-se temperatura média superficial interna superior à temperatura média superficial externa.

Para o fechamento de concreto armado (figura 5), observou-se que às 16:00h registrou-se o maior valor de temperatura média superficial interna -  $35,9^{\circ}\text{C}$  -, enquanto que o maior valor de temperatura média superficial externa -  $37,0^{\circ}\text{C}$  - foi registrado às 14:00h. Às 12:00h foi registrada a maior diferença entre as temperaturas médias superficiais interna e externa -  $2,6^{\circ}\text{C}$ . Nas leituras realizadas às 8:00h e às 18:00h registrou-se também a temperatura média superficial interna superior à temperatura média superficial externa.



**Figura 4: Temperaturas superficiais médias interna e externa da alvenaria à altura Ha.**

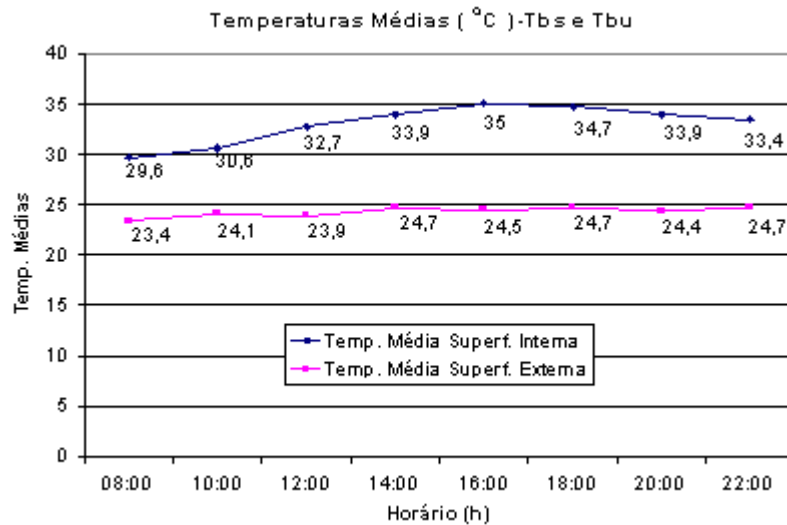


**Figura 5: Temperaturas superficiais médias interna e externa do concreto armado à altura Ha.**

Comparando-se os resultados obtidos para os dois tipos de fechamentos com relação às alturas Hm e Ha observou-se que tanto para o fechamentos de alvenaria cerâmica de  $\frac{1}{2}$  vez como para o de concreto, as diferenças entre as temperaturas médias superficiais interna e externa foram ligeiramente maiores nas leituras realizadas à altura Ha (2,20m acima do nível do piso).

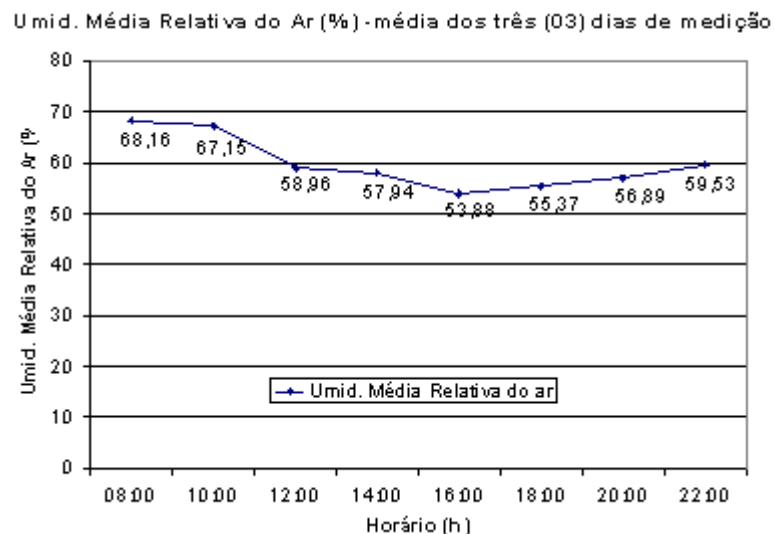
Também foi possível observar que o fechamento de alvenaria cerâmica de  $\frac{1}{2}$  vez apresentou maiores diferenças entre as temperaturas médias superficiais interna e externa conservando por mais tempo as temperaturas médias superficiais internas inferiores às externas quando comparada com o fechamento de concreto, independente da altura (Hm ou Ha) para a qual fossem realizadas as leituras.

Os resultados relativos às temperaturas de bulbo seco e úmido encontram-se na figura 6. Nota-se que às 16:00h obteve-se a temperatura de bulbo seco máxima e no período noturno, a temperatura era maior que a do período matutino.



**Figura 6: Temperaturas de bulbo seco (Tbs) e de bulbo úmido (Tbu), média dos três dias de medição.**

Com os valores médios de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido calculou-se a umidade relativa do ar (figura 7). Nota-se o valor mínimo de umidade às 16:00h - 53,88%.



**Figura 7: Umidade relativa do ar, média dos três dias de medição.**

Empregando-se o método C.S.T.B. para avaliação do desempenho térmico foi obtido um valor de temperatura interna máxima igual a 34,5°C, bem próximo, portanto, do valor registrado "in loco" de 35°C. A verificação do enquadramento do ambiente em zona de conforto foi feita através do nomograma de Temperatura Efetiva para pessoas normalmente vestidas em trabalho leve, sendo que o ambiente não se encontra dentro da zona de conforto térmico.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As maiores diferenças entre as temperaturas médias superficiais interna e externa, independente da altura ( $H_a$  ou  $H_m$ ) para as quais tenham sido realizadas as leituras, e o maior período em que as temperaturas médias superficiais internas são inferiores às externas confirmam o melhor desempenho

térmico do fechamento de alvenaria cerâmica de  $\frac{1}{2}$  vez comparado com o fechamento de concreto. Esses resultados se devem à maior condutividade térmica do concreto quando comparada com o tijolo cerâmico furado, que apresenta maior resistência térmica principalmente devido à presença de ar em suas cavidades.

As diferenças entre as temperaturas médias superficiais interna e externa foram ligeiramente maiores nas leituras realizadas à altura  $H_a$  (2,20m acima do nível do piso) do que nas leituras realizadas à altura  $H_m$  (1,50 m acima do nível do piso). Esse resultado se deve ao fato de que a altura  $H_m$  intercepta as esquadrias: porta de madeira (com 3,00 cm de espessura) e superfícies envidraçadas (janelas) que oferecem menor resistência térmica.

O método C.S.T.B., desenvolvido por pesquisadores franceses, mostrou-se adequado mesmo quando aplicado em edificações situadas em regiões com clima quente como Cuiabá, visto que a temperatura máxima calculada pelo método e a temperatura máxima ( $T_{bs}$ ) registrada pelo psicrômetro foram praticamente iguais, 34,5°C e 35,0°C, respectivamente. É portanto um instrumento importante para a previsão do desempenho térmico das edificações e seu enquadramento na zona de conforto.

Como as temperaturas registradas na região de Cuiabá não se enquadram na zona de conforto térmico, de acordo com o nomograma de Temperatura Efetiva, é necessário, então, o emprego de materiais com maior inércia térmica nas superfícies vedantes, como por exemplo, a construção de fechamentos com maiores espessuras, a utilização de revestimentos com baixa condutibilidade térmica, a utilização de protetores solares nas janelas e a proteção da edificação contra a ação direta do sol, dentre outros.

## **BIBLIOGRAFIA**

BAUER, L. A. F. *Materiais de Construção*. 2 ed, Rio de Janeiro: LTC, v 1, 1985.342p.

COSTA, E.C. *Física Aplicada às Construções*. 3 ed, São Paulo: Edgar Blucher, 1974.260 p.

DUARTE, D. H. S. *O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 1995.214 p. (Dissertação, Mestrado em Arquitetura)

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R. *Manual de Conforto Térmico*. 2 ed, São Paulo: Studio Nobel, 1995.243p.